

APLIKASI SIMULASI DALAM PENGGUNAAN PENJADWALAN *PRIORITY DISPATCHING RULES*

Ayu Bidiawati J.R^[*]

[*] Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi
Jurusan Teknik Industri - FTI - Universitas Bung Hatta
Telp. (0751) 7054257 ext 7213
Email : ayubidiawati @ yahoo.com

Abstract

This research address a project to build up a model to simulate the processes of a particular manufacturing process in selecting Priority Dispatching Rules (PDR) scheduling. The production scheduling strategies investigated are Priority Dispatching Rule, i.e (a) First Come First Served (FCFS), Earliest Due Date (EDD), Shortest Proessing Time (SPT) and Longest Processing Time (LPT). Simulation modeling is employed to find out the best strategy out of the four strategies mentioned. Experiments on the models are conducted and analyzed. The simulation result show that Earliest Due Date (EDD) is the best among the Prioritized Dispatching Rules.

Keyword: Simulation modeling, Scheduling, Priority Dispatching Rules (PDR), FCFS, EDD, SPT, LPT.

1. Pendahuluan

Produksi adalah bidang yang terus berkembang selaras dengan perkembangan teknologi, dimana produksi memiliki suatu jalinan timbal balik (dua arah) yang sangat erat dengan teknologi. Produksi dan teknologi saling membutuhkan. Sistem produksi merupakan suatu sistem multiaktivitas dimana terdapat banyak aktivitas yang berkaitan dengan bahan, mesin dan peralatan, tenaga kerja, informasi, teknologi, dan lain-lain, dan aktivitas-aktivitas ini saling mempengaruhi dan merupakan satu kesatuan yang dapat menghasilkan satu keluaran (*output*) (Gasperz, 1998; Porter et.al.,1999). Perencanaan dan Pengendalian Produksi (*Production Planning and Control, PPC*) merangkumi semua aktivitas yang berkaitan dengan pengendalian sistem manufaktur.

Menurut Sipper dan Bulfin (1997), PPC didefinisikan sebagai suatu metoda yang menggabungkan beberapa elemen fisik manufaktur dan aliran informasi untuk mengendalikan sistem manufaktur. Salah satu metoda yang biasa digunakan dalam sistem manufaktur & PPC adalah *Priority Dispatching Rules* (PDR). Penggunaan metoda PDR ini merupakan salah satu

keputusan penting dari suatu sistem perencanaan dan pengendalian produksi (Choi et.al,2000).

Pada hakekatnya terdapat banyak masalah dalam sistem manufaktur, seperti pekerjaan atau pesanan yang datang tidak tepat waktunya, adanya kerja ulangan, masalah kualitas, datangnya pesanan baru, perubahan *due date* atau adanya perubahan prioritas yang terjadi di lantai produksi. Masalah yang timbul tersebut menyebabkan proses produksi akan mengalami gangguan, terutama pada sistem penjadwalan sehingga mengakibatkan penjadwalan yang telah dibuat tidak sesuai untuk digunakan lagi. Oleh karena itu satu perusahaan haruslah memberi tumpuan supaya bersedia mengubah sistem penjadwalan produksinya untuk mengurangi ketidaksesuaian tersebut untuk dapat memperbaiki permasalahan gangguan yang terjadi di lantai produksi.

Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan suatu pendekatan berbentuk heuristik, dimana penyelesaian yang tidak semestinya optimal, tetapi yang memuaskan untuk semua kriteria dapat dicari, yaitu dengan menggunakan suatu metoda pengaturan penjadwalan untuk menempatkan job ke stasiun-stasiun kerja secara efektif. Banyak metoda yang bisa

digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya dengan menggunakan metoda *Priority Dispatching Rules*. Aplikasi model simulasi digunakan sebagai asas dalam penerapan *Metoda Priority Dispatching Rules*.

1.1 *Priority Dispatching Rules*

Untuk dapat menyelesaikan masalah sistem penjadwalan produksi yang mengalami gangguan ini, maka dikembangkan satu metoda berbentuk heuristik, yaitu metoda *Priority Dispatching Rules* (PDR). Mekanisme PDR ini digunakan untuk mengatur aliran produk yang masuk ke rantai produksi, dimana aturan ini diimplementasikan pada satu perusahaan yang mempunyai prioritas job di setiap stasiun kerja (Newman dan Maffei, 1999).

Banyak metoda yang dapat digunakan, namun dalam penelitian ini PDR yang akan digunakan adalah aturan *First Come First Served* (FCFS), aturan *Earliest Due Date* (EDD), aturan *Shortest Processing Time* (SPT) dan aturan *Longest Processing Time* (LPT) saja (Conway, 1967; Nahmias, 1997, dan Vollmann et.al,1997).

Dalam penelitian ini ukuran performansi yang digunakan dalam mencapai objektif yang diharapkan, dinilai dan dibandingkan berdasarkan pada kajian Daniel dan Guide (1997), yaitu sebagai berikut.

a) *Mean Flowtime*

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i \in \theta} (P_i - R_i)}{N}$$

dimana, \bar{F} = 'mean flowtime'

P_i = waktu penyelesaian job-i

R_i = waktu kedatangan job-i

N = Jumlah produk yang selesai

b) *Mean Lateness*

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i \in \theta} \text{Max}(0, LA_i)}{NT}$$

dimana,

\bar{T} = mean lateness

LA_i = Keterlambatan job = $P_i - di$

di = due date job-i

$$NT = \sum A_i, A_i = 1 \text{ jika } LA_i > 0;$$

$$A_i = 0 \text{ jika } LA_i \leq 0$$

c) *Persentase Mean Tardy*

$$\% T = 100 * \frac{NT}{N}$$

d) *Throughput (N)*

2. Simulasi Model Dan Eksprimen

Dalam penelitian ini adalah permasalahan yang terjadi dalam satu sistem produksi, yaitu satu studi kasus diambil dari satu perusahaan manufaktur *small batch flow line*. Sebuah model simulasi dibuat dengan menggunakan pendekatan PDR. Model dibangun dan diterjemahkan melalui model simulasi yang menggunakan software simulasi WITNESS. Software simulasi WITNESS ini dapat memberikan interaktif yang baik dan pendekatan visual yang baik dalam pembentukan model serta dalam menterjemahkan suatu proses produksi.

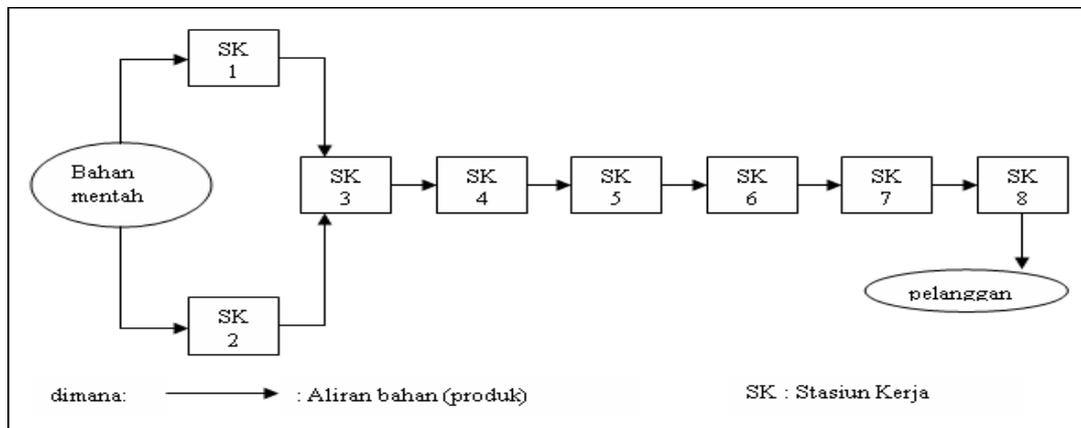
Simulasi yang dimaksud adalah proses untuk membangun model bagi satu sistem yang sebenar atau model yang masih belum ada lagi dan melakukan pengujian terhadap model tersebut, serta untuk memahami perilaku sistem dan memperkirakan performansi sistem dalam berbagai situasi dengan berbantuan komputer (Emshoff, 1970; Solomon, 1983; dan Pegden, 1990). Permodelan simulasi digunakan untuk mendapatkan metoda aturan yang sesuai bagi PDR tersebut.

Model simulasi yang dikembangkan berdasarkan sistem produksi yang ada di suatu pabrik. Proses produksi produknya terdiri dari delapan proses, dimana masing-masing proses mempunyai delapan stasiun kerja utama (mesin), yaitu Mesin 'Sequencer', mesin 'Variable Center Distance' (VCD), mesin 'Radial', mesin 'Testcon', mesin 'Multi', mesin 'MV', dan mesin 'IMC'. Setiap stasiun kerja terdiri dari mesin paralel.

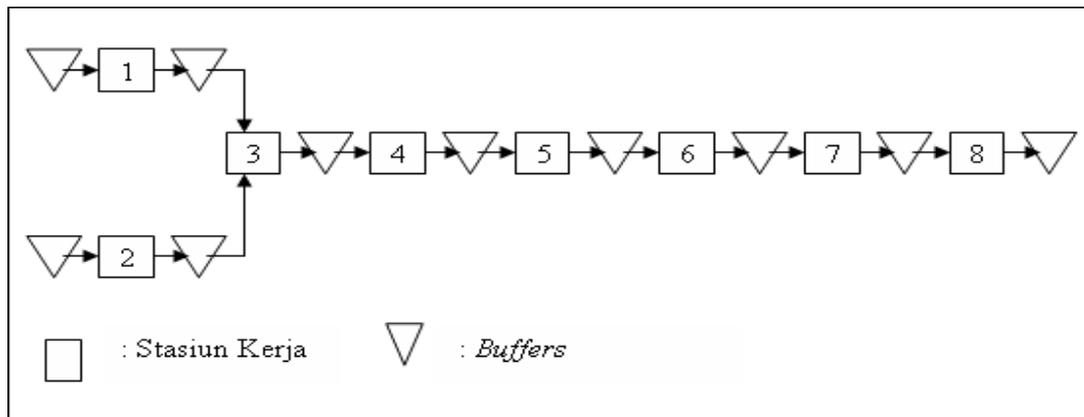
Model simulasi yang dibangun adalah untuk proses produksi produk HiFi dengan jenis BH300, H300, G300, dan *Others*. Setiap jenis produk akan melalui beberapa stasiun kerja menurut urutan proses operasi yang sama dari awal hingga akhir proses. Setiap produk mempunyai jumlah permintaan produk yang berbeda-beda. Di

dalam proses produksi produk tersebut melalui delapan stasiun kerja dan diakhiri dengan inspeksi kualitas kontrol. Untuk

gambaran yang jelas tataletak dan line produksi stasiun kerja model simulasi ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1.1: Tataletak Stasiun Kerja Model Simulasi



Gambar 1.2: Stasiun Kerja Line Produksi Model Simulasi

Dalam eksperimen yang dilakukan, dimana struktur model simulasi yang dibangun dengan delapan mesin. Setiap dua mesin yang bersebelahan dibatasi dengan *buffers*. Mesin akan menarik komponen dari setiap buffers, kemudian komponen yang ada di mesin akan ditolak ke buffers berikutnya. Diakhir stasiun kerja, komponen yang telah selesai dikerjakan dikirim ke *storage*.

Dalam penelitian ini model simulasi yang dijalankan terdiri dari beberapa produk, yaitu produk HiFi jenis BH300, H300, G300 dan Others produk yang dibagi atas bagian produk, mesin, *buffers*, sifat (*attribute*), dan distribusi. Masing-masing produk mempunyai permintaan berbeda-beda 'batchsize'. Data yang diperlukan ialah

waktu proses untuk masing-masing produk, waktu kerusakan mesin (*breakdown time*), interval waktu kerusakan mesin, waktu interval kedatangan produk, *due date* produk, dan jumlah permintaan produk untuk masing-masing produk yang didapat melalui kajian pendahuluan terhadap keadaan fisik line produksi di suatu perusahaan elektronik. Penggunaan data-data tersebut diwakili oleh distribusi masing-masingnya, dimana diambil dan dilakukan distribusi analisisnya (menggunakan *software Statgraph*), yaitu *Chi-Square Test* terhadap *Godness of Fit Test* dengan interval kepercayaan $\alpha = 95 \%$, seperti berikut ini:

Tabel 1.1: Waktu Proses Produk HiFi G300

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Normal	Mean = 17.52 standar deviasi = 0.20
VCD	Normal	Mean = 58.49 standar deviasi = 0.32
VCD axial	Lognormal	Mean = 128.59 standar deviasi = 0.17
Radial	Weibull	Shape = 724.86 scale = 128.78
Testcon	Lognormal	Mean = 30.22 standar deviasi = 0.21
Multi	Weibull	Shape = 1377.64 scale = 220.98
MV	Normal	Mean = 368.71 standar deviasi = 0.18
IMC	Lognormal	Mean = 96.55 standar deviasi = 0.19

Tabel 1.2: Waktu Proses Produk HiFi H300

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Normal	Mean = 18.57 standar deviasi = 0.31
VCD	Lognormal	Mean = 118.65 standar deviasi = 3.11
VCD axial	Normal	Mean = 171.25 standar deviasi = 6.87
Radial	Normal	Mean = 173.26 standar deviasi = 2.85
Testcon	Weibull	Shape = 34.36 scale = 38.37
Multi	Lognormal	Mean = 234.77 standar deviasi = 2.48
MV	Weibull	Shape = 233.43 scale = 284.88
IMC	Lognormal	Mean = 114.69 standar deviasi = 1.75

Tabel 1.3: Waktu Proses Produk HiFi BH300

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Weibull	Shape = 47.95 scale = 21.56
VCD	Normal	Mean = 136.14 standar deviasi = 1.52
VCD axial	Normal	Mean = 191.28 standar deviasi = 1.68
Radial	Lognormal	Mean = 193.42 standar deviasi = 1.54
Testcon	Weibull	Shape = 31.70 scale = 43.49
Multi	Lognormal	Mean = 262.69 standar deviasi = 1.56
MV	Lognormal	Mean = 318.09 standar deviasi = 1.13
IMC	Lognormal	Mean = 127.62 standar deviasi = 1.02

Tabel 1.4: Waktu Proses Produk Others

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Normal	Mean = 30.3 standar deviasi = 1.2
VCD	Normal	Mean = 140.2 standar deviasi = 1.3
VCD axial	Normal	Mean = 200.7 standar deviasi = 1.7
Radial	Normal	Mean = 202.2 standar deviasi = 2.6
Testcon	Normal	Mean = 32.3 standar deviasi = 1.5
Multi	Normal	Mean = 271.6 standar deviasi = 2.2
MV	Normal	Mean = 378.7 standar deviasi = 0.9
IMC	Lognormal	Mean = 129.6 standar deviasi = 1.7

Jadual 5.5: Waktu *Breakdown* Mesin

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Normal	Mean = 13744.1 standar deviasi = 8022.74
VCD	Weibull	Shape = 1.450 scale = 29328.5
Radial	Normal	Mean = 24339.4 standar deviasi = 11079.4
Testcon	Weibull	Shape = 1.48 scale = 30547.2
Multi	Lognormal	Mean = 28565.0 standar deviasi = 16949.5

Tabel 1.6: Waktu Interval *Breakdown* Mesin

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
Sequence	Normal	Mean = 15750 standar deviasi = 9200
VCD	Weibull	Shape = 3.5 scale = 42200
Radial	Normal	Mean = 26000 standar deviasi = 13000
Testcon	Weibull	Shape = 2.5 scale = 30800
Multi	Lognormal	Mean = 29000 standar deviasi = 17200
MV	Normal	Mean = 85000 standar deviasi = 33100

Tabel 1.7: Waktu Interval Kedatangan Produk

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
HV-BH300	Normal	Mean = 493200 standar deviasi = 225677
HV-H300	Normal	Mean = 419200 standar deviasi = 262556
HV-G300	Weibull	Shape = 1.55 scale = 402650
Others	Normal	Mean = 140936 standar deviasi = 78582.1

Tabel 1.8: Due Date Produk

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
HV-BH300	Normal	Mean = 770400 standar deviasi = 259561
HV-H300	Lognormal	Mean = 874363 standar deviasi = 446394
HV-G300	Lognormal	Mean = 899549 standar deviasi = 193318
Others	Lognormal	Mean = 350161 standar deviasi = 101148

Tabel 1.9: Jumlah Permintaan Produk

Mesin	Distribusi	Parameter (detik)
HV-BH300	Lognormal	Mean = 3005.4 standar deviasi = 1372.7
HV-H300	Normal	Mean = 3591.8 standar deviasi = 1333.5
HV-G300	Erlang	Mean = 3568.7 standar deviasi = 1317.6
Others	Erlang	Mean = 2076.8 standar deviasi = 1053.5

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan metoda PDR yaitu aturan FCFS, aturan EDD, aturan SPT dan aturan LPT. Simulasi dilakukan terhadap keempat aturan PDR tersebut, kemudian dilakukan perbandingan terhadap keempat aturan tersebut yang berdasarkan ukuran performansinya.

Setiap metoda PDR ini disimulasikan selama 1500 kali 'run' dengan satu kali 'run' memerlukan waktu (panjang repliket) 57600 detik. Dalam penelitian ini, eksperimen yang dijalankan menggunakan 'Single-Factor' (*multi level*), kemudian untuk memastikan jumlahnya cukup, analisis varians (ANOVA) digunakan untuk membandingkan keempat aturan PDR tersebut. Software SPSS versi 11.0 digunakan untuk menilai ANOVA terhadap keluaran data yang diperoleh.

3. Hasil Simulasi dan Pembahasan

Analisis dilakukan berdasarkan kepada hasil dari running model simulasi ini. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan ANOVA dan Turkey's HSD. Perbandingan rata-rata dari setiap PDR adalah untuk melihat manakah dari keempat aturan PDR yang terbaik yang mewakili dari setiap ukuran performansinya. Dan dari setiap ukuran performansi mempunyai satu metoda aturan yang terbaik. Ukuran performansi yang memiliki nilai terkecil dipilih sebagai metoda PDR yang terbaik.

Tabel 1.10 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan dan standar deviasi dari keempat metoda PDR. Tabel 1.11 menunjukkan perbedaan signifikan antara keempat aturan PDR dengan menggunakan Turkey's HSD. Gambar 1.3 menjelaskan 'web charts' yang memberi kesimpulan akhir dari perbandingan rata-rata keempat aturan PDR. Dalam Tabel 1.10

menunjukkan bahwa aturan EDD mempunyai persentase ‘mean tardy’ yang paling kecil, yaitu sebesar 1.08%, sedangkan persentase ‘mean tardy’ yang paling besar diperoleh melalui aturan FCFS, yaitu sebesar 37.32 %.

Aturan EDD juga menghasilkan ‘mean lateness’ yang paling kecil, yaitu 5000 detik, sedangkan aturan SPT menghasilkan ‘mean lateness yang paling besar, yaitu 2659000 detik. Untuk ukuran performansi ‘mean flowtime’, aturan LPT merupakan

aturan yang mempunyai ‘mean flowtime’ yang paling kecil, yaitu 174000 detik, sedangkan aturan yang mempunyai ‘mean flowtime’ yang paling besar adalah aturan SPT, yaitu 1137000 detik. Dalam Tabel 1.10 juga menunjukkan bahwa aturan FCFS menghasilkan ‘throughput’ paling tinggi, yaitu 88024 unit dan aturan SPT mempunyai ‘throughput’ yang paling kecil, yaitu 75272 unit.

Tabel 1.10: Perbandingan Mean Aturan FCFS, EDD, SPT, dan LPT

Ukuran Performansi	Metoda <i>Priority Dispatching Rules</i> (PDR)								Sig.*
	Aturan FCFS		Aturan EDD		Aturan SPT		Aturan LPT		
	Mean	Standar Deviasi	Mean	Standar Deviasi	Mean	Standar Deviasi	Mean	Standar Deviasi	
% Mean Tardy	37.32	0.05	1.08	0.11	22.29	0.22	7.48	0.09	.000*
Mean Lateness	1.32	0.002	0.05	0.01	26.59	2.25	12.79	0.80	.000*
Mean Flowtime	5.27	0.012	5.49	0.08	11.37	0.01	1.74	0.01	.000*
Throughput	88023.9	12825.2	87886.7	20109.7	75271.7	12264.8	82876.3	15535.4	.000*
<ul style="list-style-type: none"> • Mean Lateness dan Mean Flowtime dalam waktu, sedangkan throughput dalam unit • Pengujian menggunakan ANOVA • * Signifikan Perbedaan pada $\alpha = 0.05$ 									

Dalam Tabel 1.11 untuk persentase ‘mean tardy’ dan ‘mean lateness’ menunjukkan bahwa aturan EDD adalah signifikan berbeda berbanding dengan dua aturan PDR yang lain. Untuk ukuran performansi ‘mean flowtime’, aturan LPT signifikan berbeda berbanding dengan tiga aturan yang lain.

Namun demikian untuk jumlah ‘throughput’ adalah aturan FCFS signifikan berbeda terhadap aturan EDD dan SPT, tetapi tak signifikan berbeda dengan aturan LPT. Berdasarkan hasil perbandingan yang diperoleh maka aturan EDD adalah metoda PDR yang terbaik dalam model simulasi.

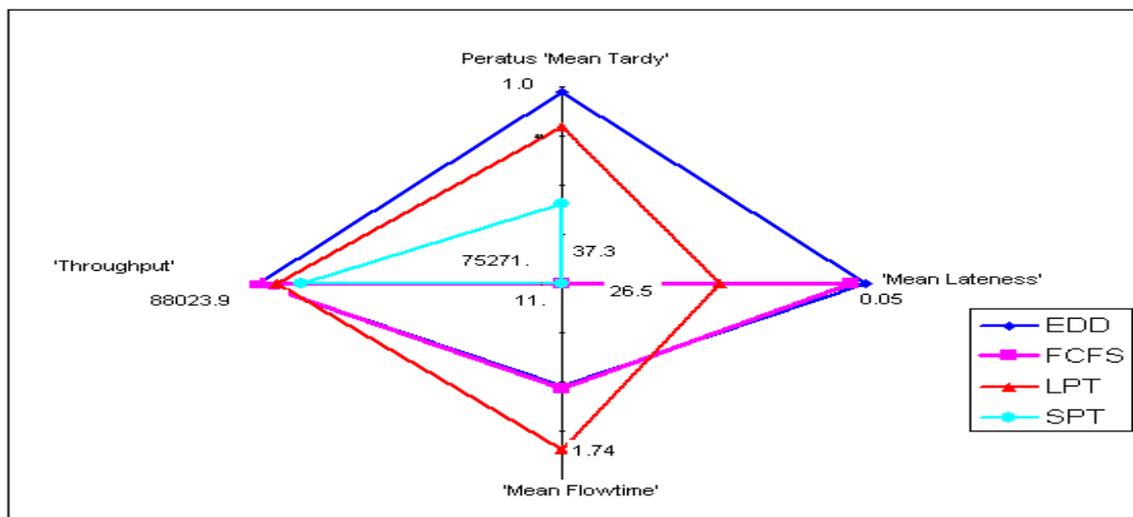
Tabel 1.11: Signifikan Perbedaan Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT

Ukuran Performansi	Aturan FCFS	Aturan EDD	Aturan SPT	Aturan LPT
% Mean Tardy	-36.23*		-21.21*	-6.39*
Mean Lateness	-1.27*		-26.54*	-12.74*
Mean Flowtime	-3.54*	-3.76*	-9.63*	
Throughput		137.26	12752.24*	5147.69
<ul style="list-style-type: none"> ▪ * Menunjukkan perbedaan signifikan pada $\alpha = 0.05$ ▪ Pengujian menggunakan ANOVA dan Turkey’s HSD ▪ Menunjukkan tingkatan signifikan rata-rata terkecil (kolom) terhadap setiap barisan ▪ Menunjukkan tingkatan signifikan rata-rata terbesar (kolom) terhadap setiap barisan 				

Dalam Gambar 1.3 menunjukkan 'web charts' yang menggambarkan perbandingan rata-rata antara keempat metoda PDR yang dikaji. Setiap 'web charts' membentuk empat sumbu (*axes*), yaitu persen 'mean tardy', 'mean lateness', 'mean flowtime', dan 'throughput'. 'Web charts' ini terdiri dari beberapa poros yang bermanfaat untuk membandingkan nilai agregat sejumlah data dalam satu seri. Nilai poros memancar dari titik pusatnya, yaitu dari nilai paling tidak bagus di titik pusat sumbu sampai ke nilai paling bagus (baik) di bahagian luar titik poros. Dalam kajian ini, aturan dengan titik yang terdapat di paling luar lapisan poros dihitung sebagai metoda terbaik.

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa metoda EDD merupakan aturan yang

terbaik dibandingkan dengan tiga aturan lainnya. Dengan menggunakan model EDD persen 'mean tardy' didapat lebih kecil. Ini berarti bahwa pihak perusahaan dapat memenuhi *due date* tepat pada waktu yang ditetapkan untuk mengantarkan produknya. Keputusan ini konsisten dengan penelitian Sivakumar (1999) dalam kajiannya yang melakukan modifikasi logis PDR dapat melakukan dalam pelaksanaan penghantaran produk tepat pada waktunya dan penelitian Daniel dan Guide (1997) yang mempelajari penjadwalan dengan metoda PDR dalam sistem 'recoverable manufacturing' yang menggunakan aturan FCFS, SPT, EDD, GSPT dan SLACK juga menghasilkan keputusan yang sama bahwa aturan EDD yang terbaik.



Gambar 1.3: 'Web Chart' Perbandingan Hasil Perhitungan Metoda PDR

Dalam satu sistem produksi terdapat tiga tujuan utama masalah penjadwalan (Vollman et.al.,1997) yaitu due date, 'flowtime' dan kapasitas stasiun kerja. Merujuk dari pernyataan diatas maka masalah due date merupakan salah satu hal yang sangat krusial. Oleh karena itu adalah sangat sesuai untuk menerapkan metoda EDD ini dalam menghasilkan keputusan yang baik. Disamping itu juga berupaya untuk dapat memenuhi due date tepat pada waktunya dan dapat mengurangi 'mean lateness' dan persen 'mean tardy' (Daniel dan Guide,1997; Vollman et.al., 1997).

Melihat hasil penelitian dari perbandingan terhadap ukuran performansi untuk mendapatkan 'throughput' yang

optimal, maka aturan pelepasan FCFS dapat menghasilkan nilai 'throughput' yang tinggi. Selladurai et.al. (1995), Johtela et.al. (1998); Dengiz dan Akbay (2000); Wong dan Chan (2001) dalam kajian mereka mendapatkan bahwa untuk meningkatkan performansi satu perusahaan maka 'throughput' yang dihasilkan haruslah optimal. Sebagai satu keputusan dalam satu penjadwalan produksi terutama dalam melakukan penjadwalan ulang maka nilai 'throughput' haruslah diperhitungkan. Oleh karena nilai 'throughput' yang optimal diperlukan, maka satu perusahaan dalam melakukan penjadwalan produksi produk haruslah berdasarkan aturan FCFS.

Salah satu tujuan penerapan penjadwalan produksi adalah untuk mendapatkan minimum 'flowtime'. Dalam kajian ini menghasilkan 'flowtime' yang minimum melalui aturan EDD. Weng (2000) dalam kajian penjadwalan 'flowshop' dengan keterbatasan *buffers* juga menghasilkan 'flowtime' yang minimum. Duwayri dan Mollaghasemi (2001) membuktikan bahwa dengan menggunakan metoda PDR dapat meminimumkan 'flowtime' produk. Korhonen (2001) dalam kajiannya, dengan minimum 'flowtime' dapat meningkatkan produktivitas. Kajian ini juga dibuktikan oleh Framinan et.al. (2002) untuk mendapatkan minimum 'flowtime' diperlukan strategi pengembangan heuristik dengan menggunakan algoritma dalam permasalahan *sequencing*. Hasil kajian yang diperoleh adalah konsisten bahwa penjadwalan produksi dengan mesin paralel dengan menggunakan metoda PDR juga menghasilkan 'mean flowtime' yang minimum.

4. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dijelaskan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa masalah penjadwalan produksi adalah masalah sangat kritikal dalam sistem produksi. Suatu perusahaan manufaktur perlu menerapkan satu metoda yang sesuai dalam menjadwalkan produksi produknya, yaitu dengan menggunakan metoda *Priority Dispatching Rules*. Dengan aplikasi simulasi maka penerapan PDR akan lebih efektif dan efisien dalam melihat ukuran performansi untuk model yang dibuat (dirancang). Dari hasil penelitian diperoleh aturan EDD lebih baik berbanding aturan yang lain, karena menghasilkan persen 'mean tardy' yang rendah, 'mean lateness' dan 'flowtime' yang rendah pula, sedangkan 'throughput' diperoleh tinggi. Dengan menerapkan aturan EDD untuk penjadwalan produksi produk ini, diharapkan perusahaan dapat membuat produk dengan hasil keluaran yang optimal dan dapat menghantarkan produk-produknya tepat pada waktunya, serta juga dapat sebagai panduan bagi perusahaan untuk melakukan penjadwalan ulang, bila terdapat gangguan dalam sistem produksinya.

5. Daftar Pustaka

- Choi, S. H. and Lung, J. S. (2000). "A Sequence Algorithm for Minimising Makespan in Multi-part and Multi-machine Flowshop Cases." *Integrated Manufacturing Systems*. 11:1; 62-73.
- Conway, R.W., Maxwell, W.L., and Miller, L.W. (1967). "Theory of Scheduling." London: Reading MA Addison Wesley.
- Daniel, V. and Guide Jr. R. (1997). "Scheduling with Priority Dispatching Rules and Drum-Buffer-Rope in a Recoverable Manufacturing System." *International Journal Production Economics*. 101-116.
- Dengiz, B. and Akbay, K. S. (2000). "Computer Simulation of a PCB Production Line: Metamodeling Approach." *International Journal Production Economics*. 195-205.
- Duwayri, Z. and Mollaghasemi, M. (2001). "Scheduling Setup Changes at Bottleneck Facilities in Semiconductor Manufacturing." *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference*.
- Emshoff, J.R. and Sisson, R.L. (1970). "Design and Use of Computer Simulation Models". New York. Mac Millan Publishing Co.
- Framinan, J. M., Leisten, R. and Ruiz-Usano, R. (2002). "Efficient Heuristics for Flowshop Sequencing with the Objectives of Makespan and Flowtime Minimization." *European Journal of Operation Research*. 559-569.
- Gasperz, V. (1998). "Production Planning and Inventory Control: Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21." Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Korhonen, H. M. E., Heikkila, J. and Tornwall, J. M. (2001). "A Simulation Case Study of Production Planning and Control in Printed Wiring Board

- Manufacturing.”** *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference.*
- Nahmias, S. (1997). **“Production and Operations Analysis.”** Chicago: Irwin.
- Pegden, C.D. (1990). **“Introduction to Simulation Using SIMAN.”** New York: Mc.Graw-Hill.
- Porter, K., Little, D., Peck, M. and Rollins, (1999), **“Manufacturing Classifications: Relationships with Production Control Systems.”** *Integrated Manufacturing Systems.* 10:1; 189-198.
- Selladurai, V., Aravindan, A., Ponnambalam, S. G. and Gunasekaran, A. (1995). **“Dynamic Simulation of Job Shop Scheduling for Optimal Performance.”** *International Journal of Operations & Production Management.* 15:7; 106-120.
- Sipper, D., and Bulfin, R.L. (1997). **“Production: Planning, Control and Integration.”** New York: Mc. Graw-Hill Companies.
- Sivakumar, A. I. (1999). **“Optimization of Cycle Time and Utilization in Semiconductor Test Manufacturing Using Simulation Based, On Line, Near-Real-Time Scheduling System.”** *Proceeding of the Winter Simulation Conference.*
- Vollman, T. E., Berry, W. L. and Whybark, D. C. (1997). **“Manufacturing Planning and Control Systems.”** 4th. ed. USA. McGraw-Hill.
- Weng, M. X. (2000). **“Scheduling Flow-Shops with Limited Buffer Space.”** *Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference.*
- WITNESS User Manual. (1996). UK: AT & ISTEL.
- Wong, W.K. and Chan, C.K. (2001). **“A Hybrid Flowshop Scheduling Model for Apparel Manufacturing”.** Vol.13, No.2, 115-131.